

PAT-NO: JP407098264A  
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 07098264 A  
TITLE: LOW-COHERENT REFLECTOMETER  
PUBN-DATE: April 11, 1995

INVENTOR-INFORMATION:  
NAME  
TAKADA, KAZUMASA  
HORIGUCHI, MASA HARU

ASSIGNEE-INFORMATION:  
NAME COUNTRY  
NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT> N/A

APPL-NO: JP05243186  
APPL-DATE: September 29, 1993

INT-CL (IPC): G01M011/02, G01M011/00

ABSTRACT:

PURPOSE: To make it possible to perform balanced detection with a simple constitution in a low-coherence reflectometer for measuring the distribution of the reflection in an optical waveguide at high spatial resolution by utilizing the low-coherent optical interference.

CONSTITUTION: In a photocoupler 20, at least three input/output ports 21-23 and at least two input/output ports 24 and 26 are so provided as to face each other. This photocoupler 20 is used. A light source 1 is optically connected to the input/output port 21. An optical waveguide 7 is provided at the input/

output port 24. A reflecting mirror 6 is provided at the  
input/output port 26  
through a collimator lens 5. The difference in optical  
intensities at the  
input/ output ports 9 and 13 is provided.

COPYRIGHT: (C)1995,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-98264

(43) 公開日 平成7年(1995)4月11日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 M 11/02	J	9309-2G		
11/00	R	9309-2G		

審査請求 未請求 請求項の数1 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平5-243186

(22) 出願日 平成5年(1993)9月29日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社  
東京都千代田区内幸町一丁目1番6号

(72) 発明者 高田 和正

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日  
本電信電話株式会社内

(72) 発明者 堀口 正治

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日  
本電信電話株式会社内

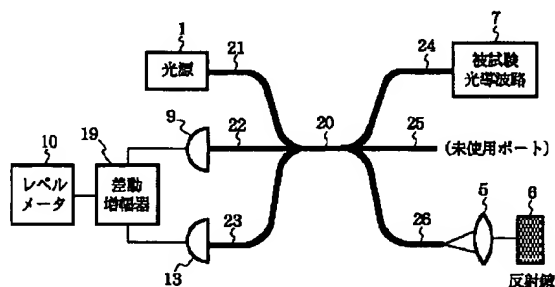
(74) 代理人 弁理士 井出 直孝 (外1名)

(54) 【発明の名称】 低コヒーレントリフレクトメータ

(57) 【要約】

【目的】 低コヒーレント光干渉を利用して高空間分解能で光導波路の反射分布を測定する低コヒーレントリフレクトメータにおいて、簡便な構成でバランス検波を可能とする。

【構成】 少なくとも3つの入出力ポート21~23と少なくとも2つの入出力ポート24、26とが対向して設けられた光カプラー20を用い、入出力ポート21に光源1を光学的に接続し、入出力ポート24には被試験光導波路7、入出力ポート26にはコリメートレンズ5を介して反射鏡6を設け、入出力ポート9、13における光強度の差を求める。



1

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】 光源と、

この光源の出射光を分岐し、そのひとつの分岐光を被試験光導波路に入射するとともに、その被試験光導波路内で生じた反射光を別の分岐光に合波する光学手段と、この光学手段により合波された光の強度を検出する光検出手段とを備えた低コヒーレントリフレクトメータにおいて、

前記光学手段は少なくとも3つの入出力ポートと少なくとも2つの入出力ポートとが対向して設けられた光カプラーを含み、

前記少なくとも3つの入出力ポートの第一のポートに前記光源が光学的に接続され、

前記少なくとも2つの入出力ポートの第二のポートには被試験光導波路、第二のポートには光反射手段がそれぞれ光学的に接続され、

前記光検出手段は前記少なくとも3つの入出力ポートの第二のポートと第三のポートにおける光強度の差を求める手段を含むことを特徴とする低コヒーレントリフレクトメータ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は光導波路の検査に利用する。特に、低コヒーレント光干渉を利用して高空間分解能で光導波路の反射分布を測定するリフレクトメータ、すなわち低コヒーレントリフレクトメータ(OLCR)に関する。

## 【0002】

【従来の技術】図4は低コヒーレントリフレクトメータの基本構成を示す図である。この構成では、発光スペクトル幅10nmの光源1と、2入力2出力(2×2)の光カプラー2とを備える。光カプラー2としては、例えば光ファイバカプラーを用いる。光カプラー2のひとつ\*

$$I_1 = C_1 \{ I_3 + I_4 + 2\sqrt{I_3 I_4} \cos(2\pi f t) \}$$

ここで、 $I_3$ は被試験光導波路7内の特定の反射点で生じた反射信号の光電流(反射強度に比例)、 $I_4$ は局部発振光の光電流、 $C_1$ は定数、 $f$ は反射鏡6の一定速度の移動によって生じるドップラー周波数変位、 $t$ は時間である。したがって、その地点に対して測定された干渉強度、すなわち、 $2C_1(I_3 I_4)^{1/2} \cos(2\pi f t)$ の時間についての二乗平均値  $2C_1^2 I_3 I_4$  は、反射強度に比例する。このため、レベルメータ10の出力がその地点の反射率を表すことになる。このようにして、反射鏡6の移動によって被試験光導波路7内の散乱点や反射点の分布を測定できる。

【0006】このリフレクトメータで、光源1として熱輻射光と同じ統計に従うスペクトル幅の広いものを使用する。このため、光源1の強度雑音がレーザ光に比較して非常に大きくなり、感度を制限する要因となる。そこ※50

2

\*のポートには光源1の出射光が入射し、そのポートと対向する二つのポートの一方すなわち入出力ポート3には、コリメートレンズ5および反射鏡6が設けられる。光源1の出射光が入射するポートと対向する二つのポートの他方、すなわち入出力ポート4には、被試験光導波路7が光学的に接続される。光源1の出射光が入射する側のもうひとつのポート8には光検出器9が設けられ、レベルメータ10に接続される。

【0003】光源1からの出射光は光カプラー2により二分される。二分された一方は局部発振光として利用され、入出力ポート3を通過してコリメートレンズ5により平行光となり、反射鏡6で反射された後に再び光カプラー2に入射する。二分された他方は、プローブポートである入出力ポート4を通過して被試験光導波路7に入射する。被試験光導波路7内の各点に存在する散乱点や反射点により、それぞれ後方散乱光や反射光が生じる。これらの光を以下単に「反射光」という。この反射光は入出力ポート4を通過し、入出力ポート8において局部発振光と合波される。得られた合波光は光検出器9により受光され、その干渉成分がレベルメータ10により測定される。この測定を反射鏡6を移動させて繰り返す。すなわち、反射鏡6を一定速度で移動させ、反射鏡6の個々の位置に対する干渉強度をレベルメータ10で検出する。

【0004】光源1の出射光のコヒーレント長が50μm程度であるため、反射鏡6の各位置に対して、局部発振光と50μm以内で光路長の合致した反射光のみが局部発振光と干渉する。このため、反射鏡6の各位置と被試験光導波路7の各散乱点とが1対1に対応する。このとき、光検出器9で生じる光電流  $I_1$  は次の式で表される。

## 【0005】

## 【数1】

※で低コヒーレントリフレクトメータには、従来から、いわゆるバランス検波方式が採用されている。そのような従来例を図5に示す。

【0007】図5に示した従来例は、2入力2出力で分岐比1対1の光カプラー12が増設された点が図4に示した基本構成と大きく異なる。光カプラー12のひとつの入出力ポート15は光カプラー2の入出力ポート8に光学的に結合され、同じ側の入出力ポート16には、光カプラー2の入出力ポート3からコリメートレンズ5を介して出射された光をこの入出力ポート16に入射するため、レトロ型のリフレクター11とレンズ14とを備える。光カプラー2はまた、入出力ポート8、16と対向する側に二つの入出力ポート17、18を備え、この二つの入出力ポート17、18にはそれぞれ光検出器9、13が設けられる。光検出器9、13は差動増幅器

3

19を介してレベルメータ10に接続される。

【0008】光カプラー2の入出力ポート3を通過した局部発振光は、コリメートレンズ5で平行ビームとなった後にリフレクター11で反射し、レンズ14で第二の光カプラー12の入出力ポート16に入射する。一方、被試験光導波路7からの反射光は、第一の光カプラー4の入出力ポート8より第二の光カプラー12の入出力ポート15に入射した後に、入出力ポート16に伝搬した\*

$$I_1 = C_2 \{ I_3 + I_4 + 2\sqrt{I_3 I_4} \cos(2\pi f t) \}$$

$$I_2 = C_2 \{ I_3 + I_4 - 2\sqrt{I_3 I_4} \cos(2\pi f t) \}$$

と表される。ここで、 $C_2$ は定数である。この式において、光電流 $I_1$ 、 $I_2$ の強度雑音の原因である右辺第一および第二項がいずれも $C_2(I_3 + I_4)$ となって共通であるが、検出すべき干渉成分である右辺第三項の符号が互いに逆になっている。したがって、差動増幅器19により光電流 $I_1$ 、 $I_2$ の差を求めることにより、その出力は次のようになる。

【0010】

【数3】

$$I_1 - I_2 = 4C_2 \sqrt{I_3 I_4} \cos(2\pi f t)$$

したがって、干渉成分をレベルメータ10で検出できるとともに、光源の強度雑音を相殺することができる。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】しかし、図5に示した従来例では、光カプラーを増設したために構成が複雑となり、安定性が低下するという問題があった。また、測定レンジがリフレクターの移動距離に制限されて通常数十cm程度であるので、測定点の反射光と局部発振光とがリフレクターの移動で干渉できるように、各光カプラーのポートの長さを調節しながら二つの光カプラーを接続しなければならない問題があった。

【0012】本発明は、このような課題を解決し、簡便な構成でバランス検波を行うことのできる低コヒーレントリフレクトメータを提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明の低コヒーレントリフレクトメータは、光源と、この光源の出射光を分岐し、そのひとつの分岐光を被試験光導波路に入射するとともに、その被試験光導波路内で生じた反射光を別の分岐光に合波する光学手段と、この光学手段により合波された光の強度を検出する光検出手段とを備えた低コヒーレントリフレクトメータにおいて、光学手段は少なくとも3つの入出力ポートと少なくとも2つの入出力ポートとが対向して設けられた光カプラーを含み、少なくとも3つの入出力ポートの第一のポートに光源が光学的に接続され、少なくとも2つの入出力ポートの第一のポートには被試験光導波路、第二のポートには光反射手段がそれぞれ光学的に接続され、光検出手段は少なくとも3つ※50

4

\*局部発振光と合波される。この合波光は入出力ポート17、18から出射され、それぞれ光検出器9、13により検波される。光検出器9、13でそれぞれ生じた光電流 $I_1$ 、 $I_2$ は差動増幅器19に入力され、その差 $I_1 - I_2$ が求められる。ここで、光電流 $I_1$ 、 $I_2$ は次のように表される。

【0009】

【数2】

※の入出力ポートの第二のポートと第三のポートにおける光強度の差を求める手段を含むことを特徴とする。

【0014】

【作用】スペクトル幅との広い光源と干渉計とを使用して被試験光導波路内の反射分布を高空間分解能で測定する低コヒーレントリフレクトメータにおいて、従来から用いられている2入力2出力の光カプラーに代えて、M入力N出力( $M \geq 3$ ,  $N \geq 2$ )の光カプラーを使用する。これにより、1個の光カプラーでバランス検波が可能なりフレクトメータを実現できる。

【0015】

【実施例】図1は本発明実施例の低コヒーレントリフレクトメータを示すブロック構成図である。この実施例は、光源1と、この光源1の出射光を分岐し、そのひとつの分岐光を被試験光導波路7に入射するとともに、その被試験光導波路7内で生じた反射光を別の分岐光に合波する光学手段として光カプラー20とコリメートレンズ5および反射鏡6とを備え、光カプラー20により合波された光の強度を検出する光検出手段として光検出器9、13を備える。ここで本実施例の特徴とするところは、光カプラー20には、少なくとも3つの入出力ポート21、22、23と、少なくとも2つ、この実施例では3つの入出力ポート24、25、26とが対向して設けられ、入出力ポート21に光源1が光学的に接続され、入出力ポート24には被試験光導波路7、入出力ポート26には光反射手段としてのコリメートレンズ5および反射鏡6がそれぞれ光学的に接続され、入出力ポート22、23における光強度の差を求める手段として差動増幅器19およびレベルメータ10を備えたことにある。

【0016】光源1からの出射光は入出力ポート21から3×3構成の光カプラー20に入射し、パワーが3等分されてそれぞれ入出力ポート24～26から出射される。これらのポートのうち入出力ポート24は、図4に示した基本構成におけるポート4と同様に、プローブポートとして被試験光導波路7に接続される。入出力ポート26は、図4に示した基本構成におけるポート3と同様に、局部発振光用のポートとして使用される。入出力ポート25は未使用とする。ここで、この装置ではプロ

5

ープポートより先の部分の反射を測定するので、入出力ポート25の長さを入出力ポート24よりも短くし、かつ入出力ポート25の端面に無反射コートを施しておき、入出力ポート25からの反射光（このポート中での後方レーリイ散乱光や出射端の端面反射）が被試験光導波路7からの信号（反射光）と混入しないようにしておく。被試験光導波路7からの反射光と局部発振光とは光カプラー20により合波され、その合波光は入出力ポート22と23を通過して2個の光検出器9、13により\*

$$I_1 = C_3 \{ I_3 + I_4 + 2\sqrt{I_3 I_4} \cos(2\pi f t) \}$$

$$I_2 = C_3 \{ I_3 + I_4 + 2\sqrt{I_3 I_4} \cos(2\pi f t + 2\pi/3) \}$$

と表される。ここで $C_3$ は定数である。すなわち、 $3 \times 3$ 構成の光カプラー20を用いた場合、 $I_1$ と $I_2$ において、強度雑音の原因である右辺第1項と第2項はいずれも $C_3(I_3 + I_4)$ となって共通であるが、右辺第3項の干渉成分の位相は互いに $2\pi/3$ ずれている。し※

$$I_1 - I_2 = 2\sqrt{3}C_3 \sqrt{I_3 I_4} \sin(2\pi f t + \pi/3)$$

したがって、干渉成分をレベルメータ10で検出できるとともに、光源1の強度雑音は相殺される。

【0020】図2および図3は図1に示した実施例を用いて石英系光導波路の反射分布を測定した結果を示す。図2はひとつの光検出器9だけで出力を検出したときの信号であり、図3は二つの光検出器9、13を用いたバランス検波したときの信号を示す。被試験光導波路の長さは10cmであり、0cmと10cmのピークは導波路両端のフレネル反射を表す。図2に示すように、光検出器が1個だけの場合には光源の強度雑音に遮られて反射分布を測定することができないが、図3に示すように、本実施例により、0cmから10cmまでの地点で、導波路中の反射分布を明瞭に観測でき、バランス検波が有効に行われることを確認できた。

【0021】以上の実施例では $3 \times 3$ の光カプラーを用いた例を示したが、本発明は、3以上の整数M、2以上の整数Nに対して $M \times N$ 構成の光カプラーであれば同様に実施できる。ただし、M個のポートのうち3個、N個のポートのうち2個だけを使用し、N個のポートのうちの残りのポートについては、長さをプローブポートより短くし、かつそれらの端面には無反射コートを施して、これらのポートで生じた後方レーリイ散乱や端面反射光が信号中に混合するのを防ぐようにする。

【0022】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の低コヒーレントリフレクトメータは、1個の光カプラーで balan★

6

\*受光される。

【0017】光パワーを3等分する $3 \times 3$ の光カプラー20で反射光と局部発振光とを合波して入出力ポート22、23から出射するとき、位相差は互いに $2\pi/3$ ずつずれる。このため、光検出器9、13からの光電流出力は次式で表される。

【0018】

【数4】

※たがって、差動増幅器19からの出力は次式で表される。

【0019】

【数5】

20★ス検波が可能となるので、従来に比べて構成が簡素化されて安定性が増大するとともに、光カプラー間の接続作業がなく、光カプラー内の光ファイバの長さの調整が簡素化されて製造行程が簡略化されるので、高安定な装置をより安価に製造できる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明実施例の低コヒーレントリフレクトメータの構成を示す図。

【図2】反射分布の測定例を示す図であり、1個の光検出器だけで測定した結果を示す図。

30 【図3】反射分布の測定例を示す図であり、2個の光検出器を用いたバランス検波の結果を示す図。

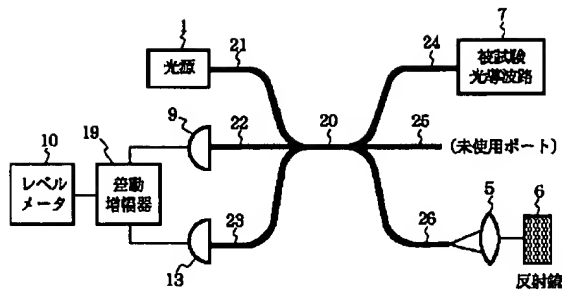
【図4】低コヒーレントリフレクトメータの基本構成を示す図。

【図5】バランス検波を行う従来例の構成を示す図。

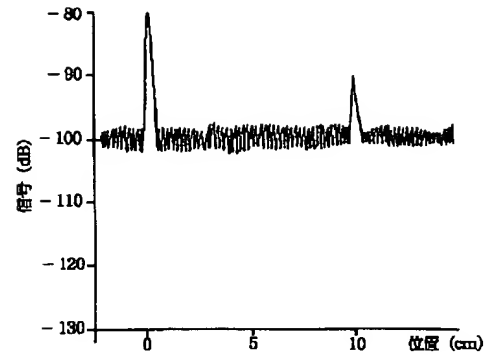
【符号の説明】

- 1 光源
- 2、12、20 光カプラー
- 3、4、8、15～18、21～26 入出力ポート
- 5 コリメートレンズ
- 6 反射鏡
- 7 被試験光導波路
- 9、13 光検出器
- 10 レベルメータ
- 14 レンズ
- 19 差動増幅器

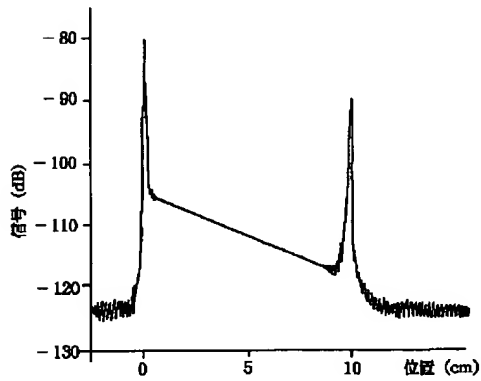
【図1】



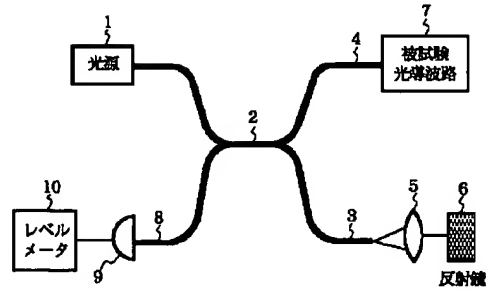
【図2】



【図3】



【図4】



【図5】

